



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**  
⑨⑦ **EP 0 825 652 B 1**  
⑩ **DE 697 10 539 T 2**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 29/45**  
H 01 L 21/285  
H 01 L 33/00

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 697 10 539.3  
⑨⑥ Europäisches Aktenzeichen: 97 111 565.4  
⑨⑥ Europäischer Anmeldetag: 8. 7. 1997  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 25. 2. 1998  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 20. 2. 2002  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 31. 10. 2002

**DE 697 10 539 T 2**

③⑩ Unionspriorität:  
21311796 24. 07. 1996 JP

⑦③ Patentinhaber:  
Sony Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:  
Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667  
München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, FR, GB

⑦② Erfinder:  
Miyajima, Takao, Shinagawa-ku, Tokyo, JP

⑤④ Ohmsche Elektrode und Verfahren zu ihrer Herstellung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**DE 697 10 539 T 2**

15 05 00

**Übersetzung des Europäischen Patents Nr. 0 825 652**

Europäische Patentanmeldung Nr. 97 111 565.4

Deutsches Patent Nr. 697 10 539.3-08

**SONY CORPORATION**

Case: S97P0586DE00 - Akte: 50.467- Gö/Dz/kx

1 **Ohmsche Elektrode und Verfahren zu ihrer Herstellung**

**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

5 **Gebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft eine Struktur einer Ohmschen Elektrode für eine Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ, die zumindest ein Element aus einer Gruppe bestehend aus Gallium, Aluminium, Bor und Indium als ein Element der III. Hauptgruppe und Stickstoff enthält, und ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode.

**Stand der Technik**

15 Nitrid-Halbleiter auf Basis von Elementen der Hauptgruppen III-V, wie z. B. GaN, AlGaN, InGaN oder  $\text{AlGaInN}$  sind infolge der Tatsache, dass eine Bandlücke  $E_g$  von 1,8 eV bis 6,2 eV variiert werden kann, als Material zur Herstellung eines leuchtenden Elements vielversprechend, das rote oder ultraviolette Strahlung emittieren kann. Diese Materialien haben ferner unter Ausnutzung der Eigenschaft eines Breitlücken-Halbleiters bei der Herstellung eines Feldeffekttransistors (FET) als ein umgebungsbeständiges Element Bedeutung erlangt.

25 Bei diesen Elementen ist das sich auf eine Ohmsche Elektrode beziehende Verfahren hinsichtlich der Gewährleistung eines stabilen Betriebs sehr wichtig. Es ist beispielsweise eine bislang durch Laminieren von Ni und Au gebildete Ohmsche Elektrode als eine Ohmsche Elektrode für eine GaN-Schicht vom p-Typ verwendet worden (vergleiche JP-A-275868).

30 Ferner offenbart die JP-A-7254732, die zur gleichen Patentfamilie wie die US-A-5,696,389 gehört, eine lichtemittierende Halbleitervorrichtung mit einer Struktur einer Ohmschen Elektrode, die eine GaN-Deckschicht vom p-Typ aufweist, auf der eine p-seitige Pt/Ti/Pt/Au-Elektrode angebracht ist.

35 Bei einer herkömmlichen Ohmschen Elektrode beträgt jedoch der Wert eines spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands ungefähr  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}^2$ , wobei dieser Wert im Vergleich zu dem Wert eines spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands

- 1 bei einer Ohmschen Elektrode eines weiteren allgemeinen Halbleiter-Elements ver-  
hältnismäßig groß ist (z. B. ungefähr  $1 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}^2$  bei einer Ohmschen Elektro-  
de für eine GaAs-Schicht vom p-Typ). Zusätzlich weist die herkömmliche Ohmsche  
5 elektrische Kontaktwiderstands größer wird, wenn ein Glühen bei einer Tempera-  
tur von 400 °C oder höher durchgeführt wird. Im Ergebnis traten Probleme in der  
Weise auf, dass der Wert eines spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands infol-  
ge einer Joule'schen Wärme, die beim Ansteuern dieser Elemente oder infolge eines  
Anstiegs der Umgebungstemperatur an einem Kontaktabschnitt zwischen einer  
10 Halbleiterschicht und einer Metallschicht erzeugt wird, groß wird und Eigenschaf-  
ten der Elemente verschlechtert werden.

#### AUFGABE UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

- 15 Der Wert des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands der Ohmschen Elektro-  
de für eine GaN-Schicht vom p-Typ kann im Vergleich zu einem Wert eines spezifi-  
schen elektrischen Kontaktwiderstands bei einer Ohmschen Elektrode eines ande-  
ren allgemeinen Halbleiterelements wie vorstehend beschrieben groß werden, was  
darin begründet ist, dass auf der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht und  
20 der Metallschicht eine große Sperrschicht gegen Löcher erzeugt wird, da eine Ener-  
giedifferenz  $E_V - \phi_V$  (7,8 eV bei Raumtemperatur) zwischen einem obersten Valenz-  
band und einem Vakuumpegel von GaN größer als eine Ablöseenergie  $\phi$  eines  
Metalls ist, das eine Elektrode bildet (z. B. 5,2 eV für Gold).
- 25 Ferner kann eine der Ursachen für eine Zunahme eines Werts des spezifischen  
elektrischen Widerstands beim Glühen mit hoher Temperatur für eine herkömm-  
liche Ohmsche Elektrode dadurch gegeben sein, dass Gold durch das Glühen in  
eine GaN-Schicht diffundiert ist.
- 30 Entsprechend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Struktur für eine  
Ohmsche Elektrode anzugeben, bei der das Element derart beschaffen sein kann,  
dass ein stabiler Betrieb für eine lange Zeitdauer gewährleistet ist, indem der  
spezifische elektrische Kontaktwiderstand herabgesetzt ist, und ferner seine ther-  
mische Stabilität vergrößert ist. Aufgabe der Erfindung ist es ferner, ein Verfahren  
35 zur Herstellung einer solchen Struktur einer Ohmschen Elektrode anzugeben.

Eine erfindungsgemäße Struktur einer Ohmschen Elektrode wird für eine Verbin-

1    dungshalbleiterschicht vom p-Typ eingesetzt, die zumindest ein Element ausge-  
wählt aus einer Gruppe bestehend aus Gallium, Aluminium, Bor und Indium als  
ein Element der III. Hauptgruppe und Stickstoff enthält, welche Struktur in  
Anspruch 1 definiert ist.

5

Ein entsprechendes Halbleiterelement ist in Anspruch 13 definiert.

Ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Struktur einer Ohmschen  
Elektrode ist ferner in Anspruch 6 definiert.

10

Bestimmte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Bei einer solchen Struktur einer Ohmschen Elektrode sind Verdrahtungen mit  
einer Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ durch die Elektrodenschicht ver-  
15    bunden. Beim Anlegen einer Spannung an die Verbindungshalbleiterschicht vom  
p-Typ mittels der Verdrahtungen und der Elektrodenschicht werden Löcher in der  
Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ von der Elektrodenschicht gebildet bzw.  
injiziert.

20    Bei der erfindungsgemäßen Struktur der Ohmschen Elektrode wird die Sperr-  
schicht gegen die Löcher kleiner und der Wert des spezifischen elektrischen Kon-  
taktwiderstands wird klein.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohm-  
25    schen Elektrode wird ein Glühen durchgeführt, nachdem auf einer Verbindungs-  
halbleiterschicht vom p-Typ aufeinanderfolgend eine erste Schicht, eine zweite  
Schicht und eine dritte Schicht gebildet worden sind. In einigen Fällen tritt bei  
einem Teil zwischen der ersten Schicht, der zweiten Schicht und der dritten  
Schicht infolge des Glühens eine Reaktion auf, wobei diese Schichten zu einer  
30    Schicht, die ein Übergangsmetall enthält, einer Schicht, die Platin enthält, und  
einer Schicht, die Gold enthält, werden. Zu diesem Zeitpunkt verhindert die  
Schicht, die Platin enthält, dass Gold in Richtung der Verbindungshalbleiter-  
schicht vom p-Typ diffundiert, und die Schicht, die ein Übergangsmetall enthält,  
bewirkt ferner ein starkes Anhaften der Schicht, die Platin enthält, an der Verbin-  
35    dungshalbleiterschicht vom p-Typ.

## 1 KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigen:

5 **Fig. 1** eine Darstellung einer Zusammensetzung einer erfindungsgemäßen Struktur einer Ohmschen Elektrode;

10 **Fig. 2** eine Draufsicht auf ein Muster gesehen von der Seite einer Elektroden-schicht, das bei einer erfindungsgemäßen ersten Ausführungsform gebildet ist;

**Fig. 3** eine Schnittdarstellung entlang einer Linie A-A, die die Struktur des in der Fig. 2 gezeigten Musters darstellt;

15 **Fig. 4** ein Eigenschaftsdiagramm, das für die erfindungsgemäße Ausführungsform die Beziehung zwischen einem Widerstandswert zwischen Elektroden und einer Glüh-temperatur darstellt;

20 **Fig. 5** ein Diagramm, das die Funktion zwischen einem Widerstandswert zwischen Elektroden und einem Abstand zwischen Elektroden für das in der Fig. 2 gezeigte Muster darstellt; und

25 **Fig. 6** eine Darstellung einer Zusammensetzung eines gemäß einer erfindungsgemäßen fünften Ausführungsform gebildeten Musters.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Nachstehend werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erfindungsgemäße Ausführungsformen ausführlich erläutert.

30 **Fig. 1** zeigt eine Struktur einer Ohmschen Elektrode gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform. Diese Ohmsche Elektrode dient zur Herstellung eines Ohmschen Kontakts mit einer Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ (wie z. B. eine GaN-Schicht vom p-Typ), die zumindest ein Element ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Gallium (Ga), Aluminium (Al), Bor (B) und Indium (In) als  
35 Elemente der III. Hauptgruppe und Stickstoff (N) enthält. Ferner ist diese Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ durch ein (MOCVD-)Verfahren auf einem nicht

- 1 gezeigten Substrat gebildet, bei welchem Verfahren ein Ablagern bzw. ein Aufdampfen mit metallorganischem chemischem Dampf erzielt wird.

- Die Ohmsche Elektrode ist als eine Kontaktschicht 2 ausgebildet, die auf der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ gebildet ist, wobei eine Elektrodenschicht 3 auf dieser Kontaktschicht 2 gebildet ist.

- Die Kontaktschicht 2 ist aus einem Verbindungshalbleiter vom p-Typ gebildet, der durch ein MBE-Verfahren gezogen worden ist, bei welchem Verfahren für das Ziehen kein Wasserstoffgas ( $H_2$ ) verwendet wird. Der Verbindungshalbleiter vom p-Typ enthält zumindest ein Element gewählt aus der Gruppe von Gallium, Aluminium, Bor und Indium als Elemente der III. Hauptgruppe, und weist die gleichen Strukturelemente wie die Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ auf. Wenn z. B. die Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ aus GaN gebildet ist, dem Magnesium (Mg) als Störstellen vom p-Typ zugesetzt ist, ist die Kontaktschicht 2 ebenfalls aus GaN gebildet, dem Magnesium als Störstellen vom p-Typ zugesetzt ist.

- Da jedoch die Kontaktschicht 2 durch ein MBE-Verfahren gebildet ist, bei dem zum Zeitpunkt des Ziehens bzw. Aufwachsens kein Wasserstoffgas verwendet wird, enthält die Kontaktschicht 2 keinen Wasserstoff (H). In diesem Punkt unterscheidet sich die Kontaktschicht 2 von der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ, die durch ein MOCVD-Verfahren gebildet ist, bei dem im Allgemeinen Wasserstoffgas als Trägergas zum Einsatz kommt, das Wasserstoff enthält. Da Akzeptoren kompensiert werden, wenn bei der Herstellung des Halbleiters durch das MOCVD-Verfahren Wasserstoff in Nitrid-Halbleiter auf Basis von Elementen der Hauptgruppen III-V vom p-Typ eingebaut wird, ist der Widerstandswert direkt nach der Bildung des Halbleiters groß, was die Durchführung einer Trägeraktivierung erforderlich macht, wie z. B. eine Elektrodenstrahl-Strahlung und ein thermisches Glühen (vgl. H. Amano et al., Jpn. J. Appl. Phys. 28 (1989) L2112, S. Nakamura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 31 (1992) L139 zum Durchführen der Trägeraktivierung). Deshalb weist die Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ zum ersten Mal eine Löcherdichte von ungefähr  $1 \times 10^{17}$  bis  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  auf, indem eine solche Trägeraktivierung durchgeführt wird.

35

Da ferner bei dem MBE-Verfahren im Allgemeinen kein Wasserstoffgas zum Einsatz kommt, ist bei der Herstellung der Verbindungshalbleiterschicht durch das

- 1 MBE-Verfahren keine Trägeraktivierung erforderlich, wobei jedoch für die Löcherdichte ein Wert von ungefähr  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  erzielt werden kann, welcher Wert größer ist als der Wert, der sich beim MOCVD-Verfahren ergibt (vgl. M. S. Brandt et al., Appl. 1. Phys. Lett. 64 (1994) 2264). Die Kontaktschicht 2 weist bei dieser
- 5 Ausführungsform ebenfalls eine Löcherdichte von ungefähr  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  auf, die höher ist als im Vergleich zur Löcherdichte der Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ.

- Wie vorstehend erläutert, wird bei der hier in Rede stehenden Ausführungsform
- 10 der spezifische elektrische Kontaktwiderstand herabgesetzt, indem die Kontaktschicht 2 zwischen der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ und der Elektroden-schicht 3 mit einer Löcherdichte höher als die der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ versehen ist. Dies bedeutet, da der Strom, der in der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ von der Elektrode 3 fließt, prinzipiell ein Tunnelstrom ist, dass die Sperrschicht zwischen der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ und der Elektroden-schicht 3 durch Verbinden der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ mit der Elektroden-schicht 3 durch die Kontaktschicht 2 mit höherer Löcherdichte kleiner gemacht wird, so dass es einfacher ist, einen Tunnelstrom einzuspeisen.

- 20 Die Elektroden-schicht 3 enthält zumindest Gold, Platin (Pt) und ein Übergangsmetall verschieden von Gold oder Platin. Beispielsweise ist die Elektroden-schicht 3 aus einer Übergangsmetallschicht 3a, die zumindest ein Übergangsmetallelement verschieden von Gold oder Platin enthält, einer Schicht 3b, die aus Platin besteht, und einer Schicht 3c gebildet, die aus Gold besteht, welche Schichten aufeinanderfolgend von der Seite der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ her laminiert sind oder vorzugsweise aus der Struktur gebildet sind, die aus dem Glühen resultiert, nachdem die Übergangsmetallschicht 3a, die Platinschicht 3b und die Goldschicht 3c eine nach der anderen laminiert sind.

- 30 Ferner kann hinsichtlich der Übergangsmetallschicht 3a, der Platinschicht 3b und der Goldschicht 3c eine dieser jeweiligen Schichten durch Anwenden eines Glühens reagieren. Deshalb wird hier die Erläuterung auf die Annahme gestützt, dass die jeweiligen Schichten nach dem Glühen, obschon nicht gezeigt, aus einer
- 35 Schicht, die ein Übergangsmetall enthält, welche Schicht zumindest ein Übergangsmetallelement verschieden von Gold oder Platin enthält, einer Schicht, die Platin enthält, und aus einer Schicht, die Gold enthält, gebildet sind. Da die

- 1 Schicht, die ein Übergangsmetall enthält, die Schicht, die Platin enthält, und die Schicht, die Gold enthält, in einigen Fällen miteinander reagiert haben, ist es vermutlich nicht möglich, sie vollständig voneinander zu trennen.
- 5 Die Übergangsmetallschicht 3a ist beispielsweise aus Nickel, Palladium (Pd), Kobalt (Co), Titan (Ti) oder Molybdän (Mo) gebildet. In gleicher Weise enthält die Schicht, die das Übergangsmetallelement enthält, z. B. Nickel, Palladium, Kobalt, Titan oder Molybdän. In der Übergangsmetallschicht 3a oder der Schicht, die ein Übergangsmetall enthält, haften die Kontaktschicht 2 und die Platinschicht 3b
- 10 oder die Schicht, die Platin enthält, sehr stark aneinander an, um die Sperrschicht gegen Löcher, die zwischen ihnen existiert, unter Verwendung einer solchen Eigenschaft kleiner zu machen, dass das Übergangselement, wie z. B. Nickel, mit Stickstoff einfach reagiert, um dadurch ein Zwischengitter-Nitrid zu bilden. Deshalb ist die Dicke der Übergangsmetallschicht 3a so dünn wie z. B. ungefähr
- 15 10 nm wie im Vergleich zur Platinschicht 3b und zur Goldschicht 3c.

Ferner ist es bei Verwendung von Nickel oder Palladium für die Übergangsmetallschicht 3a oder die Schicht, die ein Übergangsmetall enthält, möglich, eine Unstetigkeit bzw. einer Lockerstelle im Gefüge der Kontaktschicht 2 mit kleinerem

20 Valenzband vorzusehen, da die Ablöseenergie  $\phi$  von Nickel oder Palladium verhältnismäßig groß ist, was vorzugsweise anzustreben ist. Da Palladium eine wasserstoffabsorbierende Eigenschaft aufweist, ist es ferner möglich, Wasser auf der Fläche der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ zu absorbieren, um die Löcherdichte auf der Fläche zu vergrößern, wenn die Verbindungshalbleiterschicht

25 1 vom p-Typ und die Elektrodenschicht 3 in direkten Kontakt miteinander gebracht sind, ohne die Kontaktschicht 2 vorzusehen, was einer vorzugsweisen Ausführungsform entspricht.

Die Platinschicht 3b oder die Schicht, die Platin enthält, dient dazu, zu verhindern, dass Gold infolge eines Temperaturanstiegs in die Kontaktschicht 2 diffundiert, wobei die Tatsache ausgenutzt wird, dass Platin ein Metall mit einem hohen Schmelzpunkt ist. Da Platin die größte Ablöseenergie  $\phi$  (5,7 eV, was größer ist als die Ablöseenergie 5,2 eV von Gold ist) unter den Metallen mit hoher Leitfähigkeit aufweist, ist ferner eine Unstetigkeit bei dem Valenzband der Kontaktschicht 2 (d.

30 h. ein Verbindungshalbleiter vom p-Typ) minimal. Ferner beträgt die Dicke der Platinschicht 3b z. B. ungefähr 100 nm.

35



- 1 Die Goldschicht 3c oder die Schicht, die Gold enthält, dient zum Verbinden von nicht gezeigten Verdrahtungen z. B. mit der Elektrodenschicht 3 durch ein Bonden, welche Verdrahtungen aus Gold bestehen. Ferner beträgt die Dicke der Goldschicht 3c z. B. ungefähr 200 nm.

5

Eine solche Struktur einer Ohmschen Elektrode kann wie nachstehend beschrieben gebildet werden.

- 10 Zunächst wird auf der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ, die durch das MOCVD-Verfahren gebildet ist und bei der eine geeignete Trägeraktivierung durchgeführt wurde, ein Verbindungshalbleiter vom p-Typ mit den gleichen Strukturelementen wie bei der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ durch das MBE-Verfahren aufwachsen gelassen. Ferner wird das Aufwachsen durch das MBE-Verfahren ohne Verwendung von Wasserstoffgas durchgeführt. Hierdurch wird die Kontaktschicht 2 gebildet.

- 15 Anschließend wird auf der Kontaktschicht 2 eine Übergangsmetallschicht 3a gebildet, indem ein Übergangsmetall verschieden von Gold oder Platin z. B. in einer Dicke von 10 nm mittels einer Vakuumtechnik abgelagert bzw. aufgedampft wird.
- 20 Hieran anschließend wird eine Platinschicht 3b auf der Übergangsmetallschicht 3a gebildet, indem Platin z. B. in der Dicke von 100 nm mittels einer Vakuumtechnik aufgedampft wird. Ferner wird eine Goldschicht 3c auf der Platinschicht 3b gebildet, indem Gold in der Dicke von z. B. 200 nm durch eine Vakuumtechnik aufgedampft wird. Hiermit wird eine Elektrodenschicht 3 gebildet, bei der die
- 25 Übergangsmetallschicht 3a, die Platinschicht 3b und die Goldschicht 3c aufeinanderfolgend laminiert sind.

- 30 Ferner kann im Anschluss an das Ausbilden dieser jeweiligen Schichten ein Glühen angewendet werden, so dass die jeweiligen Schichten der Übergangsmetallschicht 3a, der Platinschicht 3b und der Goldschicht 3c jeweils zu einer Schicht, die ein Übergangsmetall enthält, einer Schicht, die Platin enthält bzw. zu einer Schicht werden, die Gold enthält, wobei einige der vorstehend erwähnen jeweiligen Schichten reagiert haben.

- 35 Eine in dieser Weise gebildete Struktur einer Ohmschen Elektrode erfüllt wie nachstehend beschrieben folgende Funktionen.

- 1 Bei der Struktur der Ohmschen Elektrode sind Verdrahtungen mit der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ durch die Kontaktschicht 2 und die Elektrodenschicht 3 verbunden. Beim Anlegen einer vorbestimmten Spannung an die Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ durch die Verdrahtungen und die Elektrodenschicht 3 werden in der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ Löcher von der Elektrodenschicht 3 durch die Kontaktschicht 2 gebildet bzw. injiziert. Das bedeutet, dass der Strom von der Elektrodenschicht 3 bis zur Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ fließt.
- 5 10 Da in diesem Fall die Kontaktschicht 2 an der Grenzfläche zwischen der Kontaktschicht 2 und der Elektrodenschicht 3 eine Löcherdichte aufweist, die höher ist, als die Löcherdichte der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ, ist anzunehmen, dass durch diese Schicht ein Tunnelstrom fließt. Da die Kontaktschicht 2 und die Platinschicht 3b oder die Schicht, die Platin enthält, mittels der Übergangsmetallschicht 3a oder der Schicht der Elektrodenschicht 3, welche ein Übergangsmetall enthält, sehr stark aneinander haften, ist ferner die Sperrschicht gegen Löcher verkleinert. Da die Platinschicht 3b oder die Schicht, die Platin enthält, mit der Kontaktschicht 2 durch die dünne Übergangsmetallschicht 3a oder die Schicht, die ein Übergangsmetall enthält, verbunden ist, ist ferner die Unstetigkeit der Kontaktschicht 2 mit dem Valenzband verkleinert. Dies bedeutet, dass der elektrische spezifische Kontaktwiderstand herabgesetzt ist.
- 15 20 Da die Platinschicht 3b oder die Schicht, die Platin enthält, zwischen die Goldschicht 3c oder die Schicht, die Gold enthält, und die Kontaktschicht 2 eingesetzt ist, wird zusätzlich verhindert, dass das Gold in Richtung der Kontaktschicht 2 diffundiert, selbst wenn durch Anlegen einer Spannung Joule'sche Wärme erzeugt wird, wodurch die Temperatur zunimmt, oder die Umgebungstemperatur angehoben wird. Somit wird selbst bei einem Temperaturanstieg der spezifische elektrische Kontaktwiderstand auf einen höheren Wert eingestellt.
- 25 30 Wie vorstehend beschrieben, sind bei einer erfindungsgemäßen Struktur einer Ohmschen Elektrode die Kontaktschicht 2, die Übergangsmetallschicht 3a oder die Schicht, die ein Übergangsmetall enthält und die Platinschicht 3b oder die Schicht, die Platin enthält, aufeinanderfolgend von der Seite der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ her vorgesehen. Aus diesem Grund kann der Wert des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands herabgesetzt werden. Ferner sind die Übergangsmetallschicht 3a oder die Schicht, die ein Übergangsmetall enthält,
- 35

1 und die Platinschicht 3b oder die Schicht, die Platin enthält, aufeinanderfolgend  
gesehen von der Seite der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ her vorgese-  
hen. Somit ist es möglich, die thermische Stabilität zu erhöhen. Entsprechend ist  
es möglich, das Element für eine lange Zeitdauer stabil zu betreiben.

5

Da gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer Struktur  
einer Ohmschen Elektrode ein Glühen durchgeführt wird, nachdem die Übergangs-  
metallschicht 3a, die Platinschicht 3b und die Goldschicht 3c aufeinanderfolgend  
laminiert worden sind, ist es ferner möglich, dass die Platinschicht 3b mittels der  
10 Übergangsmetallschicht 3a sehr stark an der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom  
p-Typ anhaftet, während durch die Platinschicht 3b verhindert wird, dass Gold in  
Richtung der Verbindungshalbleiterschicht 1 vom p-Typ diffundiert. Somit ist es  
möglich, eine erfindungsgemäße Struktur einer Ohmschen Elektrode zu realisie-  
ren bzw. herzustellen.

15

Im Weiteren werden die erfindungsgemäßen Wirkungen bzw. Vorteile unter Bezug-  
nahme auf einzelne Ausführungsformen beschrieben.

(Erste Ausführungsform)

20

Fig. 2 zeigt, gesehen von der Seite einer Elektrodenschicht 13, eine Struktur einer  
bei einer ersten Ausführungsform erzeugten Probe. Fig. 3 zeigt eine Schnittstruk-  
tur entlang einer Linie A-A der in der Fig. 2 gezeigten Probe. Ferner ist in der Fig.  
2 der Bereich der Elektrodenschicht 13 durch eine Schraffur dargestellt, um zwi-  
25 schen der Elektrodenschicht 13 und der Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-  
Typ zu unterscheiden.

Bei der hier in Rede stehenden Ausführungsform wird zunächst ein geeignetes  
Saphir-Substrat 10 vorbereitet, auf dem eine Verbindungshalbleiterschicht 11  
30 vom p-Typ gebildet ist. Diese Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ wird  
durch Aufwachsen von GaN gebildet, dem durch das MOCVD-Aufwachsen Magne-  
sium als Störstellen vom p-Typ zugesetzt ist, wobei nach dem Aufwachsen eine Ak-  
tivierung des Trägers durch ein Glühen bei einer Temperatur von 800 °C für eine  
Dauer von 10 Minuten in einer Stickstoffgas-Atmosphäre durchgeführt wird. Die  
35 Löcherdichte der Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ beträgt  $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ,  
wobei deren Dicke ungefähr 2 µm beträgt.

1 Hieran anschließend wurde vor dem Ausbilden der Elektrodenschicht 13 eine Fotolack-Schicht (nicht gezeigt) auf die Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ aufgebracht, und entsprechend der in der Fig. 3 gezeigten Konfiguration der Elektrodenschicht 13 wurde ein Muster mittels Fotolithographie gebildet. Dieses  
5 Muster dient zum Bilden einer Mehrzahl von zweiten Elektroden 14 mit unterschiedlichen Abständen zwischen Elektroden für eine erste Elektrode 14a, indem ein Teil der Elektrodenschicht 13 entfernt wird, der eine Ringform aufweist. Hiernach wird die Flächenoxidschicht des Verbindungshalbleiters vom p-Typ mit einer aus einem Ammoniumfluorid und einer Flusssäure (HF) gemischten Flüssigkeit entfernt, und danach wird eine Reinigung mit reinem Wasser durchgeführt.  
10

Anschließend wird der Verbindungshalbleiter vom p-Typ in eine Ablagerungs- bzw. Aufdampfvorrichtung eingebracht, wobei die Elektrodenschicht 13, bei der die Übergangsmetallschicht 13a, die Platinschicht 13b und die Goldschicht 13c laminiert sind, gebildet wird, indem Nickel in einer Dicke von 10 nm, Platin in einer  
15 Dicke von 100 nm, und Gold in einer Dicke von 200 nm nacheinander in einem Vakuum von ungefähr  $1 \times 10^{-4}$  Pa abgelagert bzw. aufgedampft werden. Danach wird eine nicht gezeigte Fotolack-Schicht zusammen mit der darauf gebildeten Übergangsmetallschicht 13a, der Platinschicht 13b und der Goldschicht 13c entfernt, wodurch eine Probe wie in den Fig. 2 und 3 gezeigt erzeugt wird, bei der eine erste Elektrode 14a und eine Mehrzahl von zweiten Elektroden 14b gebildet sind, wobei die Abstände zwischen den Elektroden 14b 4  $\mu\text{m}$  bis 36  $\mu\text{m}$  betragen.  
20

Nach der wie vorstehend beschriebenen Herstellung der Probe werden die jeweiligen  
25 Widerstandswerte zwischen den jeweiligen Elektroden jeweils gemessen. Danach wird die Probe in einer Stickstoffgasatmosphäre geglüht, wobei Veränderungen der Widerstandswerte zwischen den jeweiligen Elektroden jeweils gemessen werden. Die Messung wurde jeweils bei einer Glühtemperatur von 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C und 800 °C durchgeführt. Die Glühzeit wurde  
30 jeweils auf 30 Sekunden eingestellt.

In der Fig. 4 sind die Ergebnisse im Vergleich zu einer herkömmlichen Probe für die Proben dargestellt, bei denen der Abstand zwischen Elektroden 24  $\mu\text{m}$  beträgt. Unter einem herkömmlichen Beispiel ist hier ein Beispiel zu verstehen, bei dem  
35 die Platinschicht 13c bei der hier in Rede stehenden Ausführungsform entfernt und Ni als die Übergangsmetallschicht 13a verwendet wurde. Ferner ist in der Fig. 4 eine Probe als Vergleichsbeispiel gezeigt, bei der auf der Verbindungshalbleiter-

- 1 schicht 11 vom p-Typ nur eine Kobaltschicht gebildet ist.

Hierbei wird der Widerstandswert vermutlich durch Addition des elektrischen Kontaktwiderstandswerts und des elektrischen Widerstandswerts der Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ erhalten. Da jedoch bei der Trägeraktivierung für die Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ ein Glühen bei der Glühtemperatur (800 °C) oder darunter durchgeführt wird, wird geschlossen, dass die Abweichung des Widerstandswerts der Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ klein ist. Ferner wird die durch Diffusion eines Metalls verursachte Veränderung der Oberfläche der Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ als die Änderung des Kontaktwiderstandswerts angesehen. Deshalb kann die in der Fig. 4 gezeigte Änderung des Widerstandswerts im gleichen Zusammenhang wie die Änderung des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands betrachtet werden.

15 Wie aus der Fig. 4 hervorgeht, nahm bei dem herkömmlichen Beispiel der Widerstandswert vor dem Glühen den kleinsten Wert an. Das bedeutet, dass bei dem herkömmlichen Beispiel der spezifische elektrische Kontaktwiderstand durch das Glühen groß wird. Hiergegen nahm bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform der Widerstandswert, obwohl der Widerstandswert durch Anwenden des Glühens zwischenzeitlich größer wird, durch das Glühen bei einer Temperatur von 700 °C den kleinsten Wert an. Ferner nahm der Widerstandswert wieder zu, wenn ein Glühen bei 800 °C durchgeführt wurde. Ein Vergleich des Widerstandswerts vor dem Glühen des herkömmlichen Beispiels und des Widerstandswerts vor dem Glühen der hier in Rede stehenden Ausführungsform offenbart, dass der Widerstandswert der hier in Rede stehenden Ausführungsform kleiner ist, und ein Vergleich des kleinsten Widerstandswerts des herkömmlichen Beispiels (vor dem Glühen) und des kleinsten Widerstandswerts der Ausführungsform (geglüht bei 700 °C) offenbart ferner, dass der kleinste Widerstandswert der erfindungsgemäßen Ausführungsform kleiner ist.

30

Beim Messen des Werts des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands beim Glühen mit einer Temperatur von 700 °C zeigte der Wert einen verhältnismäßig kleinen Betrag von  $3,2 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}^2$ , wie es in der Fig. 5 gezeigt ist. Bezüglich der Messung des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands wurde das Verfahren angewendet, das in "G.S. Marlow et al., Solid State Electronic 25 (1982) 91" beschrieben ist. Zu diesem Zeitpunkt betrug der Flächenwiderstandswert der Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ  $14900 \Omega/\square$ .

35

1

Deshalb wurde erfindungsgemäß festgestellt, dass der Wert des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands durch die Elektrodenschicht 13 herabgesetzt werden kann, bei der die Übergangsmetallschicht 13a, die aus Nickel zusammengesetzt ist, die Platinschicht 13b und die Goldschicht 13c aufeinanderfolgend laminiert sind. Insbesondere wurde festgestellt, dass die thermische Stabilität auch erhöht werden konnte, wenn ein Glühen bei 700 °C durchgeführt wird.

(Zweite Ausführungsform)

10

Bei einer zweiten Ausführungsform wurde eine Probe in gleicher Weise wie bei der ersten Ausführungsform hergestellt mit der Ausnahme, dass die Übergangsmetallschicht 13a aus Palladium gebildet wurde. Anschließend wurde die durch das Glühen verursachte Veränderung des Widerstandswerts in gleicher Weise wie bei der ersten Ausführungsform gemessen. Im Übrigen wurde für einen Vergleich mit der ersten Ausführungsform der Anteil, der aus dem gleichen Wafer wie bei der ersten Ausführungsform herausgetrennt wurde, für eine Verbindungshalbleiterschicht 11 vom p-Typ verwendet, die auf einem Saphir-Substrat 10 gebildet ist.

20 In gleicher Weise wie bei der ersten Ausführungsform sind in der Fig. 4 die Ergebnisse für die Probe dargestellt, bei dem der Abstand zwischen Elektroden 24 µm beträgt. Wie es aus der Fig. 4 ersichtlich ist, wurde bei der hier in Rede stehenden Ausführungsform der Widerstandswert durch ein Glühen bei 800 °C kleiner, doch war der Widerstandswert vor Durchführung des Glühens am kleinsten. Ferner offenbart ein Vergleich des Widerstandswerts für ein herkömmliches Beispiel vor Durchführung eines Glühens und des Widerstandswerts für die hier in Rede stehende Ausführungsform vor Durchführung eines Glühens, dass der Widerstandswert für die hier in Rede stehende Ausführungsform kleiner ist.

30 Deshalb kann der Wert des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands mittels einer Elektrodenschicht 13 herabgesetzt werden, bei welcher Schicht eine Übergangsmetallschicht 13a, die aus Palladium zusammengesetzt ist, eine Platinschicht 13d und eine Goldschicht 13c aufeinanderfolgend laminiert sind.

35 (Dritte Ausführungsform)

Bei einer dritten Ausführungsform wurde ein Muster in gleicher Weise wie bei der

- 1 ersten Ausführungsform hergestellt mit der Ausnahme, dass die Übergangsmetall-  
schicht 13a aus Kobalt gebildet wurde. Hieran anschließend wurde die durch das  
Glühen verursachte Änderung des Widerstandswerts in gleicher Weise wie bei der  
ersten Ausführungsform gemessen. Ferner wurde für einen Vergleich mit der  
5 ersten Ausführungsform der Anteil, der aus dem gleichen Wafer wie bei der ersten  
Ausführungsform herausgetrennt wurde, für eine Verbindungshalbleiterschicht  
vom p-Typ verwendet, die auf einem Saphir-Substrat 10 gebildet ist.

- Ähnlich zur ersten Ausführungsform sind in der Fig. 4 die Ergebnisse für die  
10 Probe gezeigt, bei der der Abstand zwischen Elektroden  $24\text{ }\mu\text{m}$  beträgt. Wie aus  
der Fig. 4 zu entnehmen ist, wurde bei der hier in Rede stehenden Ausführungs-  
form der Widerstandswert, obwohl der Widerstandswert vor dem Glühen verhält-  
nismäßig groß war, mittels des Glühens bei einer Temperatur von  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  am  
kleinsten. Ferner offenbart ein Vergleich des kleinsten Widerstandswerts (vor  
15 Anwendung des Glühens) des herkömmlichen Beispiels und des kleinsten Werts  
(geglüht bei  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) der hier in Rede stehenden Ausführungsform, dass der Wider-  
standswert der hier in Rede stehenden Ausführungsform kleiner ist.

- Somit kann erfindungsgemäß der Wert des spezifischen elektrischen Kontaktwi-  
20 derstands herabgesetzt und ferner die thermische Stabilität erhöht werden, indem  
eine Elektrodenschicht 13 bei einer Temperatur von  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  geglüht wird, bei wel-  
cher Schicht die Übergangsmetallschicht 13a, die aus Kobalt zusammengesetzt  
ist, die Platinschicht 13b und die Goldschicht 13c eine nach der anderen lami-  
niert sind.

25

(Vierte Ausführungsform)

- Bei einer vierten Ausführungsform wurde eine Probe in gleicher Weise wie bei der  
ersten Ausführungsform hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Übergangsmetall-  
30 schicht 13a aus Titan gebildet wurde. Im Anschluss hieran wurde die durch das  
Glühen verursachte Änderung des Widerstandswerts in gleicher Weise wie bei der  
ersten Ausführungsform gemessen. Ferner wurde für einen Vergleich mit der  
ersten Ausführungsform der Anteil, der aus dem gleichen Wafer wie die erste Aus-  
führungsform herausgetrennt wurde, für eine Verbindungshalbleiterschicht 11  
35 vom p-Typ verwendet, der auf einem Saphir-Substrat 10 gebildet ist.

In gleicher Weise wie bei der ersten Ausführungsform sind in der Fig. 4 die Ergeb-

- 1 nisse für die Probe gezeigt, bei der der Abstand zwischen Elektroden 24  $\mu\text{m}$  beträgt. Wie aus der Fig. 4 hervorgeht, wurde bei der hier in Rede stehenden Ausführungsform der Widerstandswert, obwohl der Widerstandswert vor dem Anwenden des Glühens verhältnismaßig groß ist, infolge des Glühens bei 800 °C am kleinsten.
- 5 Ferner offenbart ein Vergleich des kleinsten Widerstandswerts (vor Anwenden des Glühens) für das herkömmliche Beispiel und des kleinsten Widerstandswerts (geglüht bei 800 °C) bei der hier in Rede stehenden Ausführungsform, dass der Widerstandswert der hier in Rede stehenden Ausführungsform kleiner ist.
- 10 Somit kann erfindungsgemäß der Wert des spezifischen Kontaktwiderstands herabgesetzt werden und auch die thermische Stabilität erhöht werden, indem eine Elektrodenschicht 13 bei einer Temperatur von 800 °C geglüht wird, bei welcher Schicht eine Übergangsmetallschicht 13a, die aus Titan besteht, eine Platinschicht 13b und eine Goldschicht 13c aufeinanderfolgend laminiert sind.

15

(Fünfte Ausführungsform)

- Fig. 6 zeigt eine Struktur einer für eine fünfte Ausführungsform hergestellten Probe. Bei dieser Ausführungsform wurde zunächst in gleicher Weise wie bei der ersten Ausführungsform eine Verbindungshalbleiterschicht 21 vom p-Typ vorbereitet, die auf einem Saphirsubstrat 20 gebildet ist. Anschließend wurde eine Oxidschicht, die auf der Fläche der Schicht gebildet ist, mit einer aus einem Ammoniumfluorid und einer Flusssäure gemischten Flüssigkeit entfernt, und die Verbindungshalbleiterschicht 21 vom p-Typ auf dem Substrat 20 wurde nach
- 20 Reinigung mit reinem Wasser und einem Trocknen in eine Aufwachskammer einer MBE-Aufwachsrichtung eingebracht.
- 25

- Anschließend wurde die Substrattemperatur auf 850 °C erhöht und ihre Oberfläche durch ein Stickstoffplasma nitriert, und anschließend wurden auf die Fläche ein Galliumstrahl, ein Stickstoffplasma und ein Magnesiumstrahl gerichtet, um ein GaN aufzuwachsen, wodurch eine Kontaktschicht 22 gebildet wird. Zu diesem Zeitpunkt wurde Stickstoff durch eine Elektronenzyclotronresonanz-(ECR-)Zelle oder eine Radiofrequenz-(RF-)Zelle angeregt. Ferner wurde die Zellentemperatur von Gallium auf 900 °C eingestellt, und die Zellentemperatur von
- 30 Magnesium wurde auf 200 °C bis 500 °C eingestellt.
- 35

Nach dem Ausbilden der Kontaktschicht 22 in der vorstehend beschriebenen



1 Weise wurden eine Übergangsmetallschicht 23a, die aus Nickel besteht, eine Platinschicht 23b und eine Goldschicht 23c in gleicher Weise wie bei der ersten Ausführungsform aufeinanderfolgend laminiert, um dadurch eine Elektroden-

5 schicht 23 zu bilden.

Beim Messen des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands auf der wie vorstehend beschrieben hergestellten Probe stellte sich heraus, dass der spezifische elektrische Kontaktwiderstand  $10^{-3} \text{ cm}^2$  oder weniger betrug. Das bedeutet, dass der Wert des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands herabgesetzt werden

10 konnte, indem die Kontaktschicht 22 zwischen die Verbindungshalbleiterschicht 21 und die Elektrodenschicht 23 eingebracht wurde.

Die Erfindung wurde vorstehend unter Bezugnahme auf Ausführungsformen beschrieben. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Ausführungsformen

15 beschränkt, sondern kann im Rahmen der beigefügten Ansprüche in mehrfacher Hinsicht abgeändert werden. Beispielsweise wurde bei der vorstehend genannten Ausführungsform die Kontaktschicht 2 zwischen die Verbindungshalbleiterschicht 1 und die Elektrodenschicht 3 eingesetzt, jedoch ist es bei den ersten bis vierten Ausführungsformen nicht unbedingt erforderlich, die Kontaktschicht 2 einzu-

20 setzen.

Ferner wurden bei den vorstehend genannten jeweiligen Ausführungsformen die Übergangsmetallschichten 13a und 23a aus einer einfachen Substanz, wie z. B. Nickel und Palladium, gebildet, jedoch können diese Schichten aus einer Legie-

25 rung mit anderen Metallen gebildet sein.

Wie vorstehend beschrieben, ist gemäß der erfindungsgemäßen Struktur der Ohmschen Elektrode eine Elektrodenschicht vorgesehen, die Gold, Platin und zumindest ein Übergangselement verschieden von Gold oder Platin enthält. Deshalb

30 kann der Wert des spezifischen elektrischen Kontaktwiderstands verringert und ferner die thermische Stabilität erhöht werden. Somit ist gewährleistet, dass die entsprechenden Halbleiterelemente über eine lange Zeitdauer stabil betrieben werden können.

Da gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Struktur der Ohmschen Elektrode ein Schritt zum Ausbilden einer Übergangsmetallschicht, einer Platinschicht und einer Goldschicht eine nach der ande-

35

16.05.02

- 1 ren auf einer Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ und ein Schritt zum anschließenden Glühen vorgesehen sind, kann durch die Übergangsmetallschicht eine sehr starke Haftung der Platinschicht an der Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ erzielt werden, während mittels der Platinschicht verhindert wird, dass
- 5 Gold in Richtung der Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ diffundiert. Somit lässt sich eine erfindungsgemäße Struktur einer Ohmschen Elektrode herstellen bzw. bereitstellen.

10

15

20

25

30

35

1

**Patentansprüche**

1. Struktur einer Ohmschen Elektrode, mit:

- einer Verbindungshalbleiterschicht (1; 11; 21; 2; 22) vom p-Typ, die N und  
5 zumindest ein Element ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Ga, Al, B und  
In enthält; und

- einer Elektrodenschicht (3; 13; 23) auf der Verbindungshalbleiterschicht (1;  
11; 21; 2; 22) vom p-Typ, welche Elektrodenschicht zumindest Au, Pt und ein  
Übergangsmetallelement ausgenommen Au und Pt enthält, **dadurch gekennzeichnet,**  
10 **dass**

die Elektrodenschicht (3; 13; 23) aus einer ersten Schicht auf der Verbindungs-  
halb-  
leitungshalbleiterschicht (1; 11; 21; 2; 22) vom p-Typ, welche erste Schicht zumin-  
dest ein Übergangsmetallelement ausgenommen Au und Pt enthält, aus einer  
zweiten Schicht auf der ersten Schicht, welche zweite Schicht Pt enthält, und aus  
15 einer dritten Schicht auf der zweiten Schicht besteht, welche dritte Schicht Au  
enthält.

2. Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 1, bei der die Elektroden-  
schicht (3; 13; 23) auf der Verbindungshalbleiterschicht (1; 11; 21; 2; 22) vom p-  
20 Typ aus einer Übergangsmetallschicht (3a; 13a; 23a), die zumindest ein Über-  
gangsmetallelement ausgenommen Au und Pt enthält, aus einer Pt-Schicht (3b;  
13b; 23b) auf der ersten Schicht und aus einer Au-Schicht (3c; 13c; 23c) auf der  
zweiten Schicht gebildet ist.

25 3. Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 1, bei der die erste  
Schicht Pd enthält.

4. Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 1, bei der die erste  
Schicht Ni enthält.

30

5. Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 1, bei der die Verbindungs-  
halb-  
leitungshalbleiterschicht (1; 11; 21; 2; 22) vom p-Typ eine Kontaktschicht (2; 22)  
aufweist, die aus einem Verbindungshalbleiter vom p-Typ besteht, der N und zu-  
mindest ein Element ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Ga, Al, B und  
35 In enthält, wobei die Elektrodenschicht (3; 13; 23) auf der Kontaktschicht (2; 22)  
angeordnet und die Löcherdichte der Kontaktschicht (2; 22) höher als die des Ab-  
schnitts (1; 21) der Verbindungshalbleiterschicht vom p-Typ ist, welche Verbindungs-

- 1    dungshalbleiterschicht nicht die Kontaktschicht (2; 22) ist.
6.    Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit den Schritten:
- 5    -    Ausbilden einer ersten Schicht auf einer Verbindungshalbleiterschicht (1; 11; 21; 2; 22) vom p-Typ, die N und zumindest ein Element ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Ga, Al, B und In enthält, welche erste Schicht zumindest ein Übergangsmetallelement ausgenommen Au und Pt enthält;
- 10    -    Ausbilden einer zweiten Schicht auf der ersten Schicht, welche zweite Schicht Pt enthält;
- 15    -    Ausbilden einer dritten Schicht auf der zweiten Schicht, welche dritte Schicht Au enthält; und
- 20    -    Anwenden einer Wärmebehandlung auf die erste, zweite und dritte Schicht.
7.    Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 6, worin die erste Schicht Pd enthält.
8.    Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 6, worin die erste Schicht Ni enthält.
- 20    9.    Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 6, worin die erste Schicht aus Pd, die zweite Schicht aus Pt und die dritte Schicht aus Au besteht.
- 25    10.    Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 6, worin die erste Schicht aus Ni, die zweite Schicht aus Pt und die dritte Schicht aus Au besteht.
- 30    11.    Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 6, worin die erste Schicht Ni enthält, und die Temperatur der Wärmebehandlung auf 600° C bis 800° C eingestellt ist.
- 35    12.    Verfahren zur Herstellung einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 6, weiter mit einem Schritt zum Ausbilden einer Kontaktschicht (2; 22) mittels Molekularstrahlepitaxie, welche Kontaktschicht aus einem Verbindungshalbleiter vom p-Typ besteht, der N und zumindest ein Element ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Ga, Al, B und In enthält, und welcher Verbindungs-

16.05.02

- 1 Halbleiter in der Verbindungshalbleiterschicht (1; 21; 2; 22) vom p-Typ enthalten ist, wobei die erste Schicht auf der Kontaktschicht (2; 22) ausgebildet ist.

13. Halbleiterelement mit einer Struktur einer Ohmschen Elektrode nach Anspruch 1.

10

15

20

25

30

35

16.05.02

FIG. 1

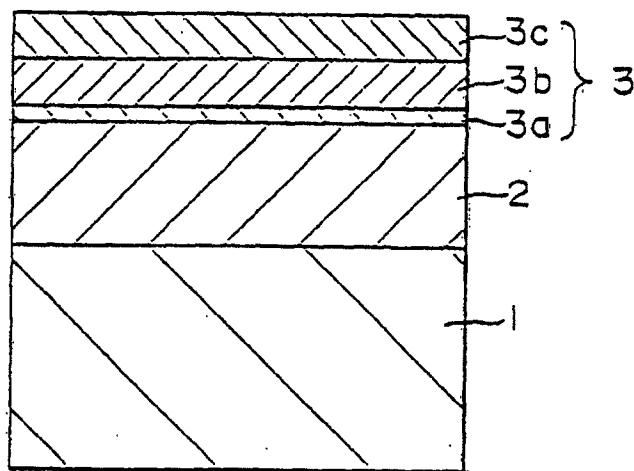


FIG. 2

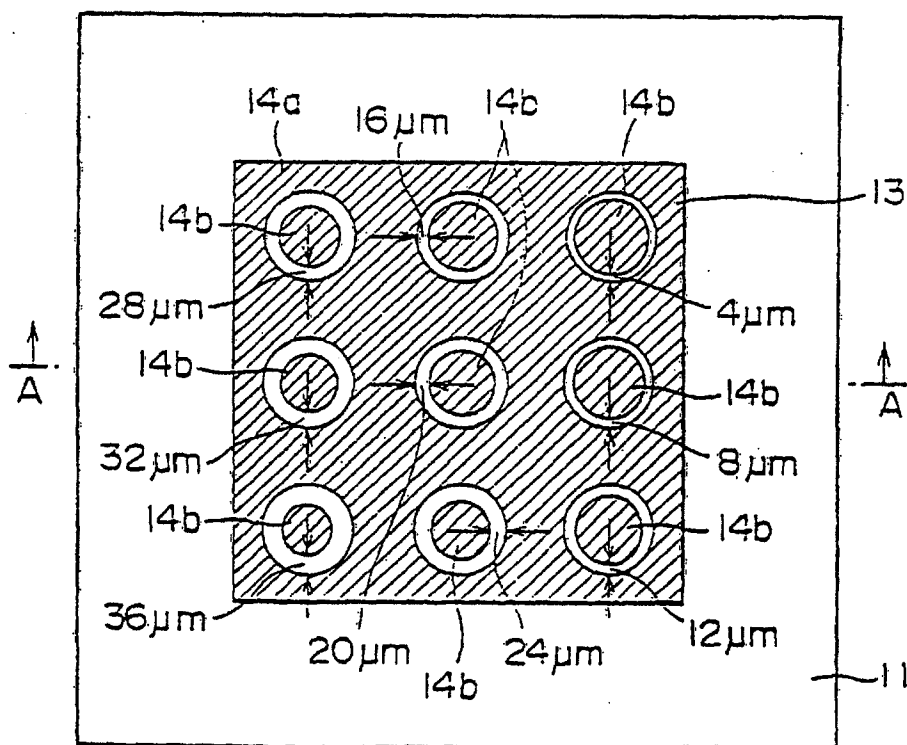


FIG. 3

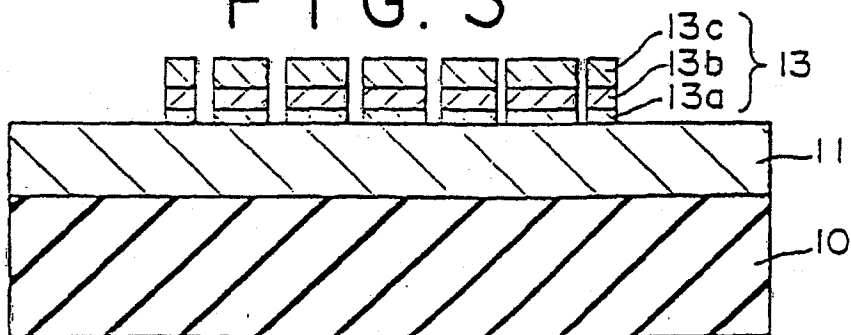
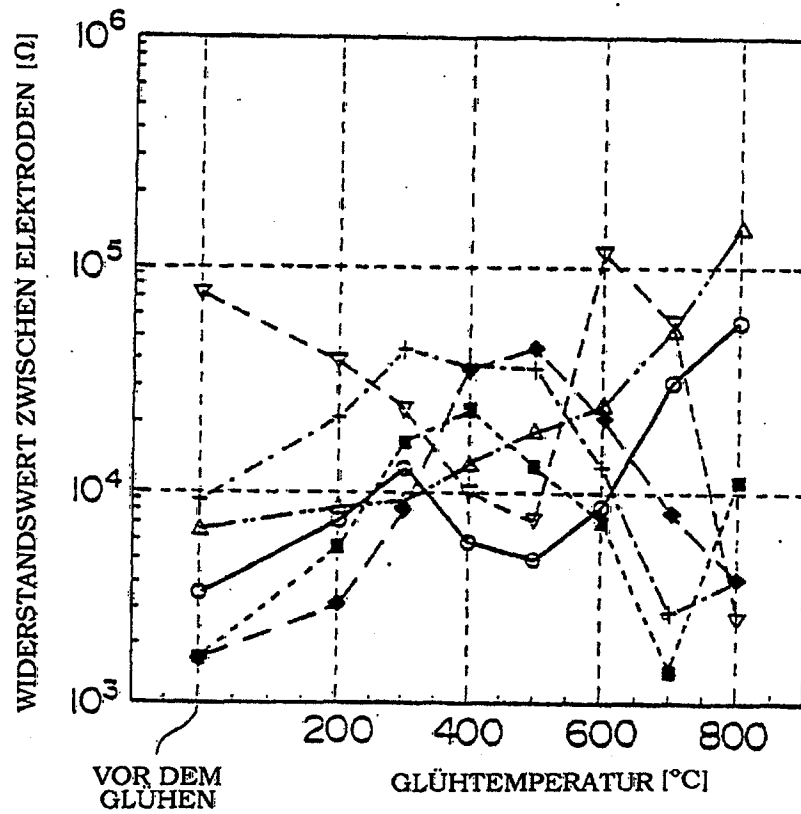
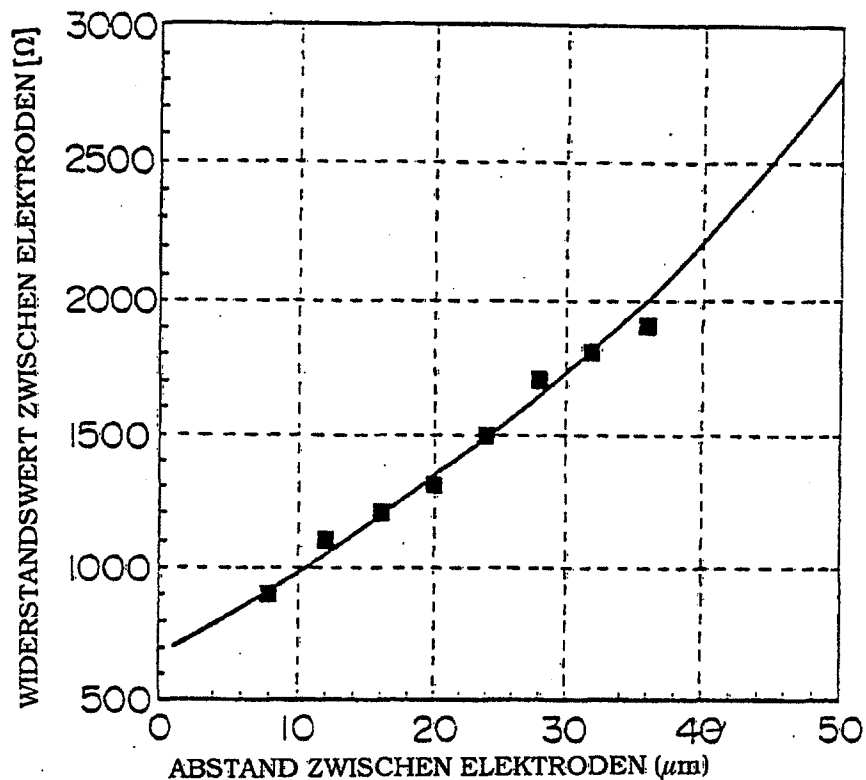


FIG. 4

ABSTAND ZWISCHEN ELEKTRODEN: 24  $\mu\text{m}$ 

- HERKÖMMLICHES BEISPIEL (Ni/Au)
- 1. AUSFÜHRUNGSFORM (Ni/Pt/Au)
- ◆-- 2. AUSFÜHRUNGSFORM (Pd/Pt/Au)
- +- 3. AUSFÜHRUNGSFORM (Co/Pt/Au)
- ▽-- 4. AUSFÜHRUNGSFORM (Ti/Pt/Au)
- △-- VERGLEICHBSBEISPIEL (Co)

FIG. 5



— KURVE ERMITTELT DURCH  
FEHLERQUADRATMETHODE

( $\rho_c = 3.2 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}^2$ ,  $R_s = 14900 \text{ ohm} / \square$ )

■ GEMESSENER WERT

FIG. 6

